



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: JOERG DRESCHER ET AL.

Serial No.: NOT YET ASSIGNED

Filed: January 16, 2001

Title: APPARATUS FOR SIMULATING ELECTRICAL COMPONENT

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

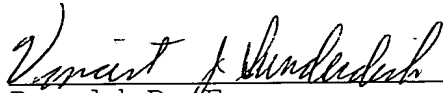
Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 100 01 484.4, filed in Germany on January 15, 2000, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

January 16, 2001

  
Donald D. Evenson  
Registration No. 26,160  
Vincent J. Sunderdick  
Registration No. 29,004

EVENSON, McKEOWN, EDWARDS  
& LENAHAN, P.L.L.C..  
1200 G Street, N.W., Suite 700  
Washington, DC 20005  
Telephone No.: (202) 628-8800  
Facsimile No.: (202) 628-8844  
DDE/VJS/rrt

JC929 U.S. PTO  
09/759603  
01/16/01

**CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT**



## **Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 100 01 484.4

**Anmeldetag:** 15. Januar 2000

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Nachbildung elektrischer Komponenten

**IPC:** G 01 R, G 01 M

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 6. Dezember 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Jerofsky

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/E-BK  
10.01.2000

### Vorrichtung zur Nachbildung elektrischer Komponenten

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, insbesondere zur Nachbildung elektrischer Sensor-/Aktor-Komponenten, sogenannten S-/A-Komponenten, mit einem Ansteuermodul, das ein Modell der nachzubildenden S-/A-Komponente vorsieht und das Echtzeitsignale entsprechend den Ein- oder Ausgangssignalen der nachzubildenden realen S-/A-Komponente erzeugt, und mit einem Signalinterface für jeden Anschlusspin der Vorrichtung, das durch die Ausgangssignale des Ansteuermoduls angesteuert wird und für jeden Schnittstellenanschlusspin ein den elektrischen Signalen der realen S-/A-Komponente entsprechendes Interfacesignal erzeugt.

In Kraftfahrzeugen, Schiffen, Flugzeugen, Raumfahrzeugen, aber auch in Maschinen- und Anlagesteuerungen, in der folgenden Beschreibung als Zielsystem bezeichnet, werden heute eine große Anzahl E-/E-Komponenten eingebaut, die wegen ihrer Komplexität unterschiedliche Test- und Prüfungsphasen durchlaufen müssen. Um dabei die Entwicklungszeiten dennoch so kurz wie möglich zu halten, ist es erforderlich, diese E-/E-Komponenten schon einer Prüfung zu unterziehen, wenn das Zielsystem, bspw. das Kraftfahrzeug, in das die E-/E-Komponente eingebaut werden soll, noch nicht aufgebaut ist. Andererseits sollen derartige E-/E-Komponenten auch unabhängig vom Zielsystem in einer Laborumgebung geprüft werden.

Im Zusammenhang mit der Prüfung von E-/E-Komponenten wird mindestens eine E-/E-Komponente an eine Vorrichtung zum Test von E-/E-Komponenten angeschlossen, die zusammen mit dem Signalinterface die elektrischen Eingangs- und Ausgangssignale, d.h. die Schnittstellensignale zu den E-/E-Komponenten nachbildet,

wie sie im realen Zielsystem vorhanden sind. Die Vorrichtung verhält sich dabei bezüglich der elektrischen Signale an der Schnittstelle zur E-/E-Komponente wie das reale Zielsystem, d.h. die Vorrichtung bildet die Eigenschaften der Sensoren und Aktoren nach.

Aus der DE 30 24 266 A1 ist eine Vorrichtung zum Testen einer E-/E-Komponente, d.h. einer Steuereinheit eines Kraftfahrzeugs, bekannt. Mit dieser Vorrichtung besteht die Möglichkeit, die Sensorsignale des Zielsystems oder über ein Ersatzsignalgenerator erzeugte Sensorsignale auf die E-/E-Komponente zuzuführen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Lasten des Zielsystems oder Ersatzlasten an die zu testende E-/E-Komponente anzuschalten. Dadurch kann die Funktion und das Verhalten der E-/E-Komponente und des Gesamtsystems überprüft werden. Es ist vorgesehen, die Vorrichtung in das Fahrzeug einzubauen und dabei die E-/E-Komponenten im Bereich des Motors zu testen.

Die DE 42 12 890 C2 offenbart eine Vorrichtung zum Testen des Ausgangsverhaltens einer E-/E-Komponente, wobei simulierte Lastsignale am Ausgang der E-/E-Komponente bereitgestellt werden. Dabei wird durch einen Mikrorechner das Verhalten eines elektrischen Ventils nachgebildet, so dass das Verhalten der das Ventil ansteuernden E-/E-Komponente, insbesondere bei Veränderung der Ventilzustände, überprüft werden kann.

Wenn derartige Vorrichtungen zusammen mit unterschiedlichen Sensoren oder Aktoren eingesetzt werden, muss jedesmal ein neues Signalinterface für die Vorrichtung entwickelt werden. Gerade bei Abwandlung der Schnittstelle zwischen dem Testsystem und der E-/E-Komponente ist eine Modifikation des Signalinterface mit veränderten elektrischen Eigenschaften der einzelnen Schnittstellenanschlusspins notwendig. Besonders nachteilig wirkt sich dabei eine Änderung der Anzahl oder Funktionalität der E-/E-Komponentenpins auf den Änderungsaufwand an der Vorrichtung aus.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass verschiedene S-/A-Komponenten durch die Vorrichtung bzgl. der elektrischen Eingangs- und Ausgangssignale nachgebildet werden können, ohne dass dabei die Vorrichtung jedesmal geändert oder neu konzipiert werden muss.

Die vorliegende Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach wird die Stromrichtung der Schnittstellensignale durch eine Steuer-/Regelschaltung des Signalinterface beeinflusst und zum Signalinterface hin oder von diesem weg gerichtet, so dass mit der Vorrichtung wahlweise ein Sensor oder ein Aktor nachbildbar ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist mindestens ein modular aufgebautes Signalinterface auf, dessen Schnittstellensignale, bspw. deren Stromrichtung oder der Energiefluss am Schnittstellen-Anschlusspin zum Signalinterface hin, wie beim Aktor, oder von diesem weg, wie beim Sensor, gerichtet sein können. Die Vorrichtung wird über das Signalinterface bevorzugt mit einer Elektrik-/Elektronik-Komponente, sogenannten E-/E-Komponenten, verbunden. Eine E-/E-Komponente könnte ein Fahrzeugsteuergerät sein.

Hierzu verfügt die Vorrichtung über ein Ansteuermodul, das die Modelle der nachzubildenden S-/A-Komponenten und/oder ein Modell zur elektrischen Fehlersimulation vorsieht und das Echtzeitsignale entsprechend den Signalen der nachzubildenden realen S-/A-Komponenten erzeugt. Weiterhin weist die Vorrichtung modular aufgebaute Signalinterfaces mit einer bestimmten Anzahl von Signalinterfacemodulen auf, die durch die Ausgangssignale des Ansteuermoduls angesteuert werden und für jeden Schnittstellenanschlusspin ein den elektrischen Signalen der realen S-/A-Komponente entsprechendes Interfacesignal erzeugen.

Der entscheidende Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt darin, dass sie wahlweise einen Sensor oder Aktor bzw.

mehrere Aktoren und Sensoren nachbilden kann. Dazu wird die Endstufe und/oder deren Steuer-/Regeleinrichtung derart angesteuert, das zwischen dem jeweiligen Schnittstellenanschlusspin und der Systemmasse ein entsprechender Spannungsabfall entsteht, so dass sich der Strom- oder Energiefluss entsprechend den realen Begebenheiten bei S-/A-Komponenten einstellen kann.

Weiterhin soll mit der Vorrichtung eine elektrische Fehlersimulation möglich sein. Dabei können verschiedene Zustände zwischen Signalpins oder von Signalpins zur Versorgungsspannung bzw. Masse eingeprägt werden. Mit der Vorrichtung kann sowohl eine elektrische Fehlersimulation mit dem Testsystem, wie auch eine elektrische Fehlersimulation im Zielsystem erfolgen. Neben der elektrischen Fehlersimulation kann die Vorrichtung als Messmittel eingesetzt werden. Hierzu können außer den nachgebildeten Sensor-/Aktorgrößen auch Sensor-/Aktorgrößen realer E-/E-Komponenten erfasst werden.

Die vorliegende Aufgabe wird auch durch die Merkmale des Patentanspruchs 2 gelöst. Danach ist das Vorrichtung modular aufgebaut, so dass pro Schnittstellenanschlusspin ein separates Signalinterface vorgesehen ist.

Erfindungsgemäß ist die Vorrichtung mit mindestens einem modular aufgebauten Signalinterface versehen, welches die Ankopplung von E-/E-Komponenten an ein Testsystem zulässt. Die E-/E-Komponenten, bspw. ein Fahrzeugsteuergerät, kommunizieren über Schnittstellen mit den Eingängen bzw. Ausgängen eines oder mehrerer Signalinterfaces. An der Schnittstelle sind bspw. Versorgungsleitungen, Signalleitungen und Leitungen zum Datenaustausch angeschlossen. Die ausgetauschten Daten sind bevorzugt Signale von Sensoren oder zu Aktoren übertragene Daten bzw. Signale für weitere aktive und passive S-/A-Komponenten. Die Leitungen müssen über das Signalinterface der Vorrichtung in Echtzeit geeignet angesteuert werden, so dass die Signale den realen Begebenheiten im Zielsystem, bspw. im Kraftfahrzeug entsprechen. Das für jedes Signalinterface vorhandene Sensor-/ Ak-

tormodell im Ansteuermodul beinhaltet das nachzubildende Verhalten für jede einzelne S-/A-Komponente. Das Signalinterface verbindet die reale E-/E-Komponente, bspw. ein Steuergerät, mit der Vorrichtung. Dadurch lässt sich die E-/E-Komponente mittels der Vorrichtung in einfacher Weise testen.

Die Vorrichtung weist besonders vorteilhaft eine Leiterplatte mit einem Steckplatz für einzelne Schnittstellenanschlussspins auf. In jeden Steckplatz kann eine Signalinterfaceschaltung eingesteckt werden. Die Signalinterfaceschaltungen sind bevorzugt ähnlich aufgebaut, so dass die Signalinterfaceschaltungen für eine Datenleitung das Erzeugen von logischen Signalen bspw. mit TTL-Pegel gestatten. Eine andere Gruppe von Signalinterfaceschaltungen ist derart ausgeführt, dass Leistungssignale, insbesondere für eine Stromversorgungsleitung, an dem entsprechenden Schnittstellenanschlussspin bereitgestellt werden können. Bevorzugt ist jede Signalinterfaceschaltung auf einer kleinen Leiterplatte oder Karte zum Verbinden mit der Hauptleiterplatte der Vorrichtung vorgesehen. Für jeden Pin kann eine Steckkarte mit einer Signalinterfaceschaltung vorgesehen sein, die entsprechend der Anzahl und Art der Pins an der Schnittstelle an den dafür vorgesehenen Steckplätzen in der Hauptleiterplatte in der Vorrichtung einsteckbar sind.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist für jeden Pin der Schnittstelle eine universelle Signalinterfaceschaltung vorgesehen. Die Vorrichtung weist dann für jeden Pin einer Schnittstelle eine Signalinterfacekarte auf. Die Vorrichtung ist somit mit einer der Schnittstellenpinanzahl der angeschlossenen E-/E-Komponente entsprechenden Anzahl gleicher, universeller Signalinterfacekarten ausgestattet.

Die Grundidee der Vorrichtung besteht darin, eine universell anpassbare Ersatzschaltung für beliebige Sensoren, Aktoren und elektrische Fehler vorzusehen. Dabei soll die Anpassung der Vorrichtung jeweils ohne Veränderung der Hardware des Signalinterface erfolgen. Dennoch ist vorgesehen die Vorrichtung mit-

tels unterschiedlicher Rechenmodelle an die Funktionen und Eigenschaften der Sensoren, Aktoren oder bzgl. einer Fehlersimulation anzupassen. Die Rechenmodelle sind dabei per Software im Ansteuermodul vorgesehen und die Signalinterfaceschaltungen werden durch die Software entsprechend angesteuert.

Einer der Hauptvorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass eine einheitliche Hardware für das Signalinterface vorgesehen ist. Die Vorrichtung kann universell zur Nachbildung oder zur Prüfung verschiedener E-/E-Komponenten eingesetzt werden. Dabei ist eine große Flexibilität bei Änderungen der E-/E-Komponente oder beim Einsatz neuer E-/E-Komponenten gegeben. Die Anpassung der Eigenschaften des Signalinterface kann durch einfache Parametrisierung ohne Änderung der Hardware durchgeführt werden. Dadurch lässt sich die Vorrichtung mit den Signalinterfaces bei vielen technischen Problemstellungen und Testverfahren einsetzen und kann insofern rationell und preisgünstig produziert werden.

Jedes Signalinterface weist bevorzugt die Eigenschaften eines Vierquadranten-Verstärkers auf, d.h. die Ersatzschaltung des Sensors bzw. Aktors kann sowohl Leistung abgeben als auch Leistung aufnehmen. Die als Vierquadranten-Verstärker vorgesehenen Signalinterfaceschaltungen werden mit getakteter oder analoger Endstufe betrieben. Ein jedem Signalinterface vorgesehener Regelkreis sorgt für das Aufrechterhalten bzw. Nachführen eines eingestellten Sollwerts an jedem Schnittstellenanschlusspin. Die Sollwerte, insbesondere eine Sollspannung oder ein Sollstrom, werden durch das in dem Ansteuermodul der Vorrichtung umgesetzte Modell vorgegeben.

Das elektrische Verhalten der Vorrichtung wird durch das Sensor-/Aktormodell bestimmt. Die Modellerstellung erfolgt über ein Entwurfstool, das für einen bestimmten Sensor oder einen Aktor ein auf algebraischen Gleichungen oder Differentialgleichungen basierendes mathematisches Modell erstellt. Für die Sensoren und Aktoren sind Modellierungen mit aktiver oder pas-



siver Funktionalität vorgesehen. Unter aktiver Ersatzschaltung wird eine elektrische Spannungs- bzw. Stromquelle verstanden. Die passiven Schaltungen lassen sich durch komplexe Widerstände darstellen. Bestimmte Eigenschaften aktiver und passiver Elemente lassen sich aus Spannungs- und Stromverläufen oder deren Widerstandswerten entnehmen, d.h. ob diese einen konstanten bzw. variablen Wert einnehmen können oder entsprechend einer diskreten Funktion einstellbar sind.

Um das Signalinterface möglichst genau an die realen Bedingungen der S-/A-Komponenten anzupassen, wird das entworfene Modell parametrisiert und danach verifiziert. Da das Modell in Software umgesetzt ist und dessen Ausgangssignale pro Schnittstellenanschlusspin durch das jeweilige Signalinterface an die realen Begebenheiten anpassbar ist, kann die Vorrichtung mit derselben Hardware einen Leistung abgebenden Sensor oder einen Leistung aufnehmenden Aktor nachbilden. Dies ist möglich, da die Endstufe jedes Signalinterface als Vierquadrantenverstärker ausgebildet ist. Dabei werden die Signalpegel des Sensor-/ Aktormodells in die Signalpegel am Schnittstellenanschlusspin transformiert.

Ein weiterer Vorteil der Vorrichtung besteht darin, dass das Sensor-/Aktormodell mit Streuung oder Toleranzen bzgl. Temperatur, Fertigungsmaßen, Feuchtigkeitseinflüssen etc. versehen werden kann. Weiterhin lassen sich Nichtlinearitäten modellieren, die bspw. durch mechanisch bewegte Teile im Sensor oder Aktor verursacht werden. Damit lässt sich ein weitaus größeres Testspektrum und damit eine wesentlich verbesserte Testgüte erreichen.

Mit einer Vorrichtung bestehend aus einem Signalgenerator, Strom-/Spannungsmesser und einer Temperaturzelle lassen sich in einfacher Weise S-/A-Komponenten bezüglich ihrer elektrischen Eigenschaften vermessen. Damit können für die Nachbildung der S-/A-Komponenten benötigten Modellparameter auch in Abhängigkeit von der Temperatur bestimmt werden. Durch einen Vergleich

der realen S-/A-Komponente und der nachgebildeten S-/A-Komponente ist eine Verifizierung der Modellparameter möglich.

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung wird die Vorrichtung zur Fehlersimulation eingesetzt. Dabei kann insbesondere jeder Schnittstellenanschlusspin bezüglich Masseschluss, Kurzschluss zur Versorgungsspannung oder Unterbrechung einer Leitung geprüft werden. Außerdem können Übergangs- oder Ableitwiderstände zwischen beliebige Schnittstellenanschlusspins eingeschaltet werden. Die Fehlersimulationen werden über Rechenmodelle realisiert. Reale Widerstände oder Kurzschlussrelais entfallen. Das Fehlersimulationsmodell steht in direkter Interaktion mit den Sensor-/Aktormodellen der einzelnen Schnittstellenpins. Dadurch besteht die Möglichkeit, Fehlerzustände zwischen beliebigen Schnittstellenpins oder Manipulationen an einzelnen Schnittstellenpins vorzunehmen.

Bevorzugt weist jede Vorrichtung eine elektronische Sicherung auf, die auslöst, wenn es beim Test der E-/E-Komponente zu Überströmen oder Überspannungen kommt. Die Sicherung ist insbesondere elektronisch rücksetzbar, so dass nach einem Fehler komfortabel weitergetestet werden kann.

Es gibt nun verschiedenen Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die untergeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung einer Ausführungsform zu verweisen. In der Zeichnung ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Testen von E-/E-Komponenten dargestellt. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung,

Fig. 1 einen Schaltplan der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Ansteuermodul und zwei ausgangsseitig damit verbundenen Signalinterfaces und

Fig. 2 einen Schaltplan der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem Fehlererzeugungsmittel, wobei schematisch die verschiedenen Fehlerbeschaltungsmöglichkeiten dargestellt sind, und

Fig. 3 eine Einrichtung zur Ermittlung von Parametern realer S-/A-Komponenten in Abhängigkeit von der Temperatur, wie sie bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Einsatz kommen kann.

Die Vorrichtung 1 zur Nachbildung elektrischer S-/A-Komponenten weist ein Ansteuermodul 4 und zwei Signalinterfaces 12, 26 auf. Die Vorrichtung 1 bildet bspw. einen Sensor nach, der im realen Fahrzeug bestimmte Daten erfasst, oder einen Aktor, der im realen Fahrzeug von einer E-/E-Komponente angesteuert wird. Für die Sensor-/Aktornachbildung sind im Ansteuermodul 4 ein Sensormodell 6 für den Sensor oder ein Aktormodell 6, 7 für den Aktor hinterlegt. Die Sensor-/Aktor-Modelle 6 bzw. 7 sind jeweils auf mathematischen Gleichungen basierende Modelle, die bspw. über ein spezielles Entwurfstool erstellt werden. Die Sensor-/Aktor-Modelle 6 und 7 können zur Vereinfachung der realen Begebenheiten aus einfacheren Ersatzschaltungen, bspw. Strom- und Spannungsquellen, komplexen Widerständen, schaltenden Bauelementen oder Bauelementen mit veränderlichen Parametern zusammengesetzt sein. Im Ansteuermodul 4 ist auf diese Weise für jede nachzubildende S-/A-Komponente ein Modell 6 bzw. 7, insbesondere in einem elektronischen Rechner, hinterlegt.

Bei Ansteuerung dieser Modelle 6 und 7 von einem übergeordneten Echtzeitrechner 2 aus, der entsprechend der im realen Fahrzeug entstehenden Fahrzustände die Modelle 6 und 7 mit den entsprechenden Eingangsgrößen 3 ansteuert, erzeugen und überwachen die Modelle 6 und 7 die Echtzeitsignale 8, 9, 10 und 11. Diese Echtzeitsignale bestehen aus Kontroll-Logiksignalen 8, Sollwertvorgabesignalen 9 und den Istwerterfassungssignalen 10 und 11. Die Echtzeitsignale 8, 9, 10, 11 werden bevorzugt als digi-

tale Signale zwischen dem Ansteuermodul 4 und den Signalinterfaces 12 bzw. 26 übertragen.

Das Signalinterface 12 weist bspw. zwei Analog/Digitalwandler 18, einen Regelkreis 21 und eine Endstufe bestehend aus zwei Transistoren 22 und 23, und gegebenenfalls einem Filter 24, auf. Weiterhin besitzt das Signalinterface 12 einen Digital/Analogwandler 17 und eine Kontrollogik 13. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die gesamte Vorrichtung 1 für die Nachbildung von S-/A-Komponenten für den Test von E-/E-Komponenten 32 modular aufgebaut. Dazu weist das Vorrichtung 1 eine Hauptleiterplatte mit verschiedenen elektrischen Verbindungsstellen auf, an denen eine Ansteuerschaltung 4 mit den auf der Hauptleiterplatte vorgesehenen elektrischen Signalleitungen und elektrischen Bauelementen verbunden sind. Der modulare Aufbau der Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass ein bis n gleich aufgebaute Signalinterfacemodule 12, 26 vorgesehen sind, die jeweils einen Schnittstellenanschlusspin 28 ansteuern.

In Figur 1 ist die Vorrichtung 1 mit dem Ansteuermodul 4 der ersten Signalinterfaceschaltung 12 und der einer n-ten Signalinterfaceschaltung 26 gezeigt. Jedes Signalinterface 12, 26 weist eine Kontrollogik 13 zum Einstellen des Betriebsmodus, zwei Analog/Digitalwandler 18 und als Endstufe einen Vierquadrantenverstärker, bestehend aus den Schalttransistoren 22 und 23, auf. Ferner ist noch ein Regelkreis 21 auf der Platine des Signalinterface 12 und ein Filter 24 vorgesehen. Die Endstufe bestehend aus den Schalttransistoren 22 und 23 und das Filter 24 sind so ausgelegt, dass sie sowohl Leistung abgeben als auch Leistung aufnehmen können.

Die zwei Schalttransistoren 22 und 23 schalten bspw. gegen eine positive Versorgungsspannung  $V_{DD}$  19 und eine negative Versorgungsspannung  $V_{SS}$  20. Damit lassen sich positive, wie auch negative Ausgangsspannungen und Ausgangsströme am Anschlusspin 28 erzeugen. Je nach Schaltzustand der Endstufe ist dabei ein Spannungsabfall zwischen dem Schnittstellenanschlusspin 28 und

der Systemmasse 30 oder umgekehrt erzeugbar, der den gewünschten Strom- bzw. Leistungsfluss erzeugt. Das Filter 24 dient zur Glättung der Ausgangsspannung  $U_n$  bzw. des Ausgangsstromes  $I$ . Mit dem Shunt 25 wird der Strom über den Schnittstellenanschlusspin 28 gemessen. Der gemessene Strom wird dem Regelkreis 21 und der Istwerterfassung 15 für den Strom über den Analog/Digitalwandler 18 zugeführt. Ebenso wird die Ausgangsspannung  $U_1$  am Anschlusspin 28 gemessen, dem Regelkreis 21 und der Istwerterfassung 16 für die Spannung über den anderen Analog/Digitalwandler 18 zugeführt.

Im Regelkreis 21 werden mit der Istwertgrösse Spannung  $U$ , der Istwertgrösse Strom  $I$  und der Sollwertvorgabe in geeigneter Weise mit einem PID-Regler mit zwei nachgeschalteten Pulsweitenmodulatoren die Ansteuersignale für die Schalttransistoren 22 und 23 erzeugt. Besonders vorteilhaft ist die Ansteuerung des Schalttransistors 22 über eine erste Pulsweitenmodulation und die Ansteuerung des Schalttransistors 23 über eine zweite Pulsweitenmodulation. Durch eine feste zeitliche Verknüpfung der ersten Pulsweitenmodulation mit der zweiten Pulsweitenmodulation wird im Nullbereich der Ausgangsspannung  $U$  und des Ausgangsstroms  $I$  ein optimales Regelverhalten erzielt. Sowohl der gemessene Strom  $I$  als auch die gemessene Spannung  $U$  werden über die rückgeführten Istwertschnittstellen 10 und 11 wieder zum Modell 6 im Ansteuermodul 4 zurückgemeldet, so daß die vom Modell 6 vorgesehene Ausgangsspannung am Signalinterfaceanschlusspin 28 durch den Regelkreis 21 eingeregelt werden kann. Die Sollwertvorgabe 14 wird dem Regelkreis 21 wiederum durch das Modell 6 über den Digital/Analogwandler 17 zur Verfügung gestellt.

Figur 1 zeigt neben dem Signalinterface 12 ein n-tes Signalinterface 26, welches in gleicher Art und Weise von der Ansteuererschaltung 4 über ein Modell 7 angesteuert wird. Am Schnittstellenanschlusspin 29 erzeugt das Signalinterface 26 die Ausgangsspannung  $U_n$  bezogen auf die Systemmasse 30. Mit dieser Anordnung lassen sich beliebige Differenzspannungen  $U_{1n}$  durch Inter-

aktion der Modelle 6 und 7 erzielen. Dies ist besonders vorteilhaft für scheinbar potentialfreie Nachbildungen, wie beispielsweise ohmsche Widerstände.

In Figur 2 ist schematisch dargestellt welche Fehler in einem Fehlersimulationsmittel 41 umgesetzt werden können, das über eine elektrische Signalanpassung 39 an den Echtzeitrechner 2 angeschlossen ist. Das Fehlersimulationsmittel 41 kann einen Kurzschluß 36 gegen Masse, ein Kurzschluss 35 gegen eine Leitung mit Versorgungsspannung, eine Leitungsunterbrechung 33 oder zwischen die Sammelleitungen A und B eingeschaltete steuerbare Quellen, Senken oder ein Messgerät 37 vorsehen. Die Schalter 34 dienen zur Herstellung der Verbindung der E-/E-Komponente 32 mit den Sammelleitungen A und B. Die Fehler können über die Echtzeitmodell-Eingangsgroßen 3 vom Echtzeitrechner 2 auf dem Fehlersimulationsmittel 41 eingeschaltet werden.

Erfindungsgemäß kann wegen des Fehlersimulationsmodells 5 ein separates Fehlersimulationsmittel 41 mittels Schaltern o. dgl. komplett entfallen. Bevorzugt ist das Fehlersimulationsmodell 5 in der Ansteuerschaltung 4 als übergeordnetes mathematisches Modell integriert. Kurzschlüsse werden durch eine entsprechende Spannungsdifferenz  $U_{1n}$  von 0 Volt modelliert. Unterbrechungen werden durch einen Strom  $I$  von 0 Ampere erzeugt. Die steuerbare Quelle/Senke 37 kann ebenfalls über entsprechende mathematische Modelle sehr universell ausgeführt werden.

Mit der Vorrichtung 1 kann auch eine reale S-/A-Komponente 31 vermessen werden, die an den Anschlusspin 27 des Signalinterface 12 angeschlossen ist. Dabei können die Größen Spannung und Strom mit der bestehenden Schaltung des Signalinterface 12 gemessen werden. Über die Endstufe 22, 23, 24 kann die S-/A-Komponente mit Stimuli-Signalen beaufschlagt werden, um bspw. eine Signalsprungantwort zu messen. Die daraus gewonnenen Parameter werden für die Sensor-/Aktormodell 6 verwendet.

Alternativ dazu kann die in Figur 3 gezeigte externe Einrichtung zur Vermessung einer realen S-/A-Komponente 31 mit einem Signalgenerator 40 bei verschiedenen Temperaturen eingesetzt werden. Die Temperatureinstellung erfolgt mittels einer Temperaturzelle 39.

Die Vorrichtung 1 kann vorteilhaft durch den Einbau in das Zielsystem zur elektrischen Fehlersimulation verwendet werden. Dabei wird an den Anschlusspin 27 eine reale S-/A-Komponente angeschlossen. Die E-/E-Komponente 32 wird an Anschlusspin 28 angeschlossen. Mit der Endstufe 22, 23, 24 können mittels des Fehlersimulationsmodells 5 erzeugte Fehlersimulationssignale auf die Verbindung S-/A-Komponente 31 und E-/E-Komponente 32 aufgeschaltet werden.

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/E-BK  
10.01.2000

### Patentansprüche

1. Vorrichtung, insbesondere zur Nachbildung elektrischer Sensor-/Aktor-Komponenten, mit einem Ansteuermodul (4), das ein Modell (5, 6, 7) der nachzubildenden S-/A-Komponente vorsieht und das Schnittstellensignale ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) entsprechend den Signalen der nachzubildenden realen S-/A-Komponente erzeugt, und mit einem Signalinterface (12, 26) für jeden Anschlusspin (28, 29) der Vorrichtung (1), das durch die Echtzeitsignale (8, 9, 10, 11) des Ansteuermoduls (4) angesteuert wird und für jeden Schnittstellenanschlusspin (28, 29) ein den elektrischen Signalen der realen S-/A-Komponente entsprechendes Schnittstellensignal ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) erzeugt,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Stromrichtung bzw. der Energiefluss der Schnittstellensignale ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) durch eine Steuerungs-/Regelschaltung des Signalinterface (12, 26) beeinflusst zum Signalinterface (12, 26) hin oder von diesem weg gerichtet werden kann, so dass mit der Vorrichtung wahlweise ein Sensor oder ein Aktor nachbildbar ist.

2. Vorrichtung, insbesondere zur Nachbildung elektrischer Sensor-/Aktor-Komponenten, mit einem Ansteuermodul (4), das ein Modell (5, 6, 7) der nachzubildenden S-/A-Komponente vorsieht und das Schnittstellensignale ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) entsprechend den Signalen der nachzubildenden realen S-/A-Komponente erzeugt, und mit einem Signalinterface (12, 26) für jeden Anschlusspin (28, 29) der Vorrichtung (1), das durch die Echtzeitsignale (8, 9, 10, 11) des Ansteuermoduls (4) angesteuert wird und für jeden Schnittstellenanschlusspin (28, 29) ein den elektrischen Signalen der realen S-/A-Komponente entsprechendes Schnittstellensignal ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) erzeugt,



d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Vorrichtung (1) modular aufgebaut ist, so dass pro Schnittstellenanschlusspin (28, 29) ein separates Signalinterface (12, 26) vorgesehen ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) ein Ansteuermodul (4) aufweist, welches die mathematischen Modelle (5, 6, 7), insbesondere der S-/A-Komponenten, für die Ansteuerung des Signalinterface (12, 26) berechnet und entsprechende Echtzeitsignale (8, 9, 10, 11) erzeugt, um Schnittstellensignale ( $U_n$ ,  $I_n$ ) entsprechend den nachgebildeten S-/A-Komponenten an den Schnittstellenanschlusspins (28, 29) zu erhalten.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung eine Hauptleiterplatte mit einem Steckplatz pro Schnittstellenanschlusspin (28, 29) aufweist und dass ein Signalinterface (12, 26) pro Steckplatz vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Signalinterface (12, 26) eine Endstufe (22, 23, 24) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Endstufe (22, 23, 24) als Vierquadrantenverstärker ausgebildet ist, der Leistung abgeben sowie aufnehmen kann.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuermodul (4) einen Rechner (2) aufweist, der als Modell (5, 6, 7) eine Ersatzschaltung der S-/A-Komponente, insbesondere eines Sensors oder Aktors, vorsieht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Modell (5, 6, 7) des Ansteuermoduls (4) durch die Vorgabe bestimmter Parameter an die an einem Schnittstellenanschlusspin (28, 29) erforderlichen Signale anpassbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fehlersimulationsmodell (5) zur Erzeugung von Fehlern, insbesondere einer Leitungsunterbrechung (33) oder einem Kurzschluss (34, 35, 36) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Signalinterface (12, 26) einen Regelkreis (21) aufweist, der die Spannung und/oder den Strom auf den von dem Modell (5, 6, 7) vorgegebenen Wert einregelt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelkreis (21) zum Ansteuermodul (4) rückgekoppelt ist, um dem Modell (5, 6, 7) den Ist-Wert der Regelgrößen rückzumelden.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine unterlagerte Regelschleife (I) vorgesehen ist, die die Endstufe (22, 23, 24) direkt ansteuert, um eine schnelle Regelung der Regelgrößen zu erzielen.

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

FTP/E-BK  
10.01.2000

### Zusammenfassung

Vorrichtung, insbesondere zur Nachbildung elektrischer Sensor-/Aktor-Komponenten, mit einem Ansteuermodul (4), das ein Modell (5, 6, 7) der nachzubildenden S-/A-Komponente vorsieht und das Schnittstellensignale ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) entsprechend den Signalen der nachzubildenden realen S-/A-Komponente erzeugt, und mit einem Signalinterface (12, 26) für jeden Anschlusspin (28, 29) der Vorrichtung (1), das durch die Echtzeitsignale (8, 9, 10, 11) des Ansteuermoduls (4) angesteuert wird und für jeden Schnittstellenanschlusspin (28, 29) ein den elektrischen Signalen der realen S-/A-Komponente entsprechendes Schnittstellensignal ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) erzeugt, wobei die Stromrichtung bzw. der Energiefluss der Schnittstellensignale ( $U_{1n}$ ,  $U_n$ ) durch eine Steuerungs-/Regelschaltung des Signalinterface (12, 26) beeinflusst zum Signalinterface (12, 26) hin oder von diesem weg gerichtet werden kann, so dass mit der Vorrichtung wahlweise ein Sensor oder ein Aktor nachbildbar ist.

(Fig.1)

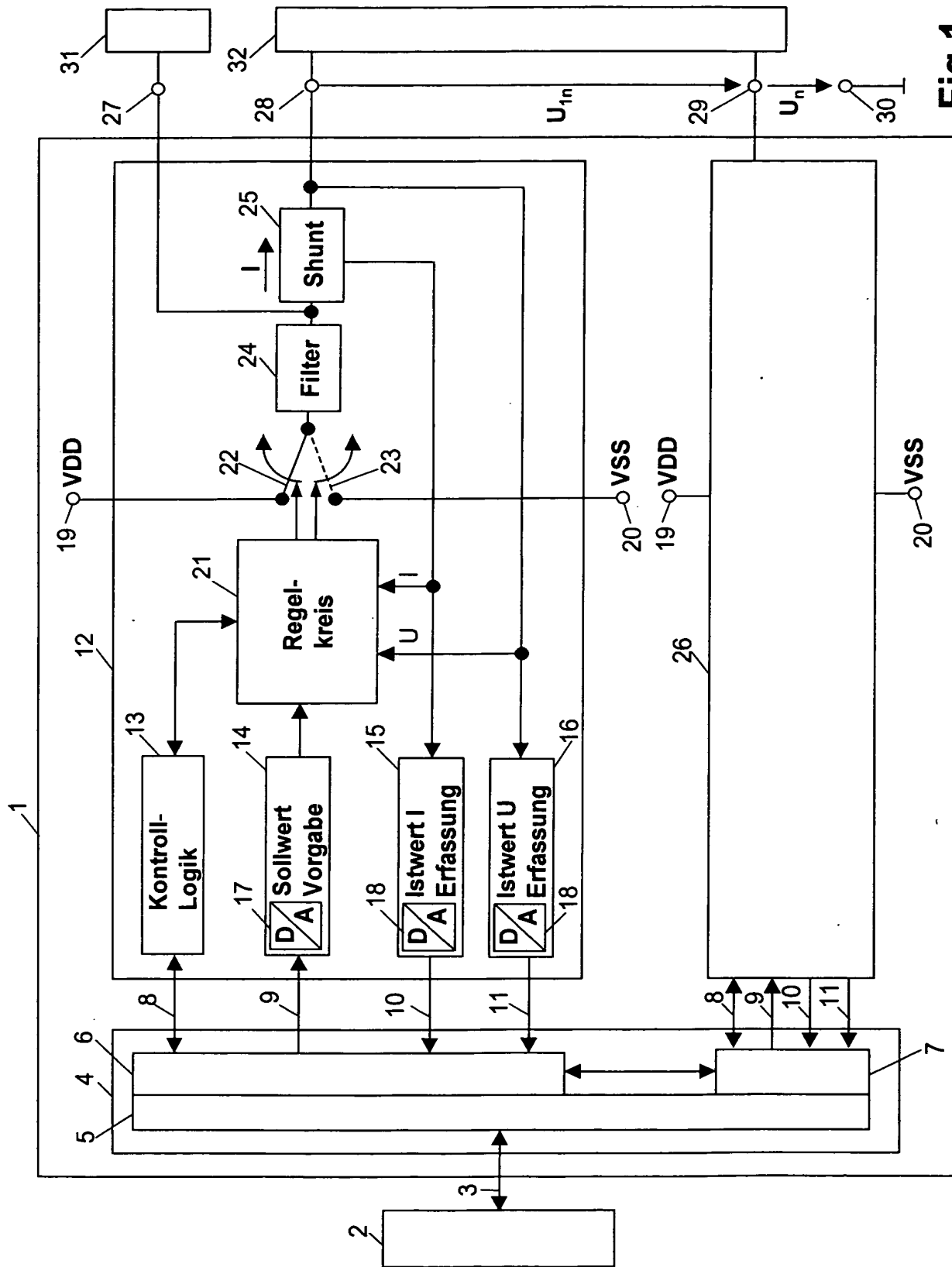


Fig.1

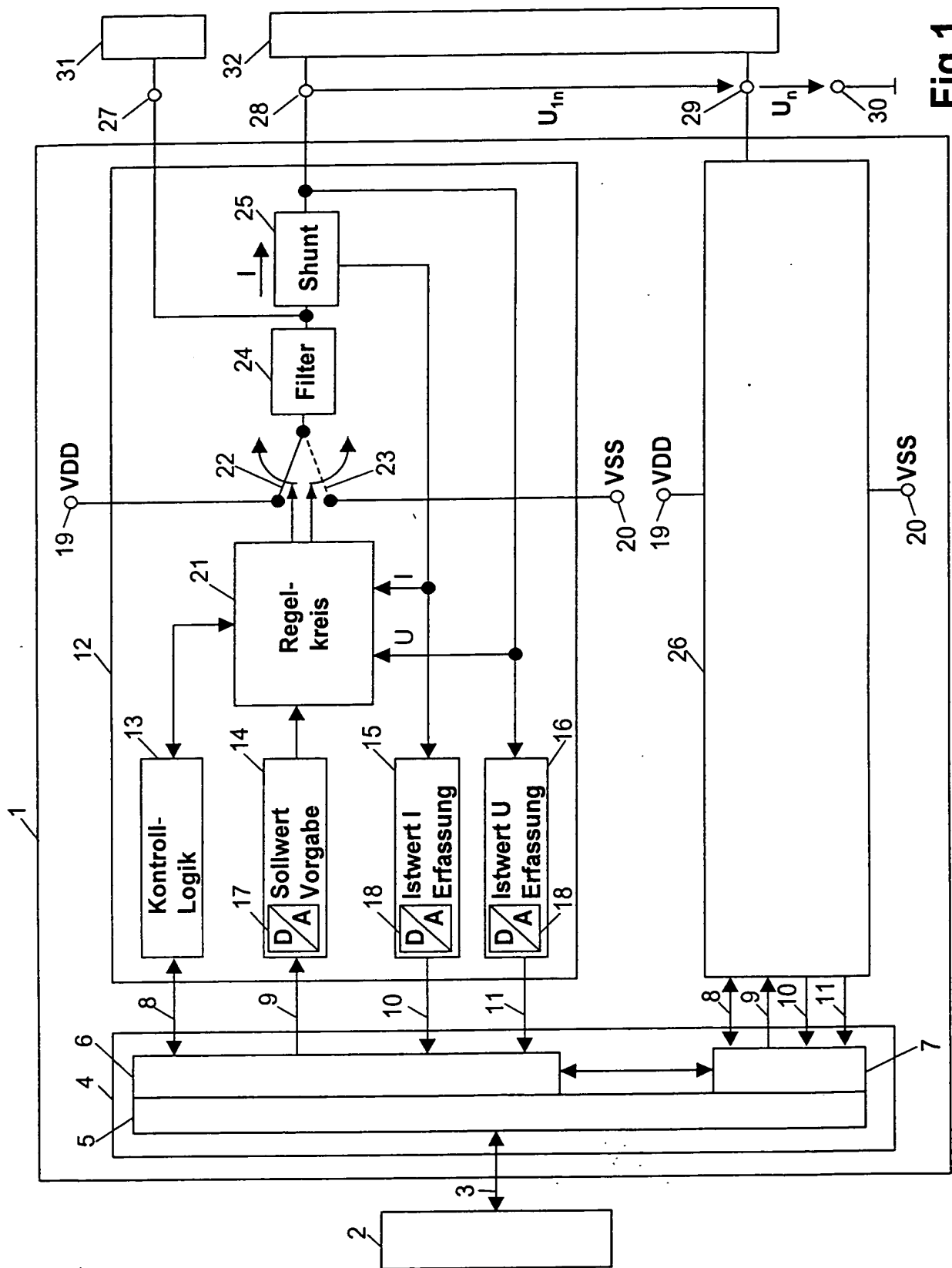


Fig.1

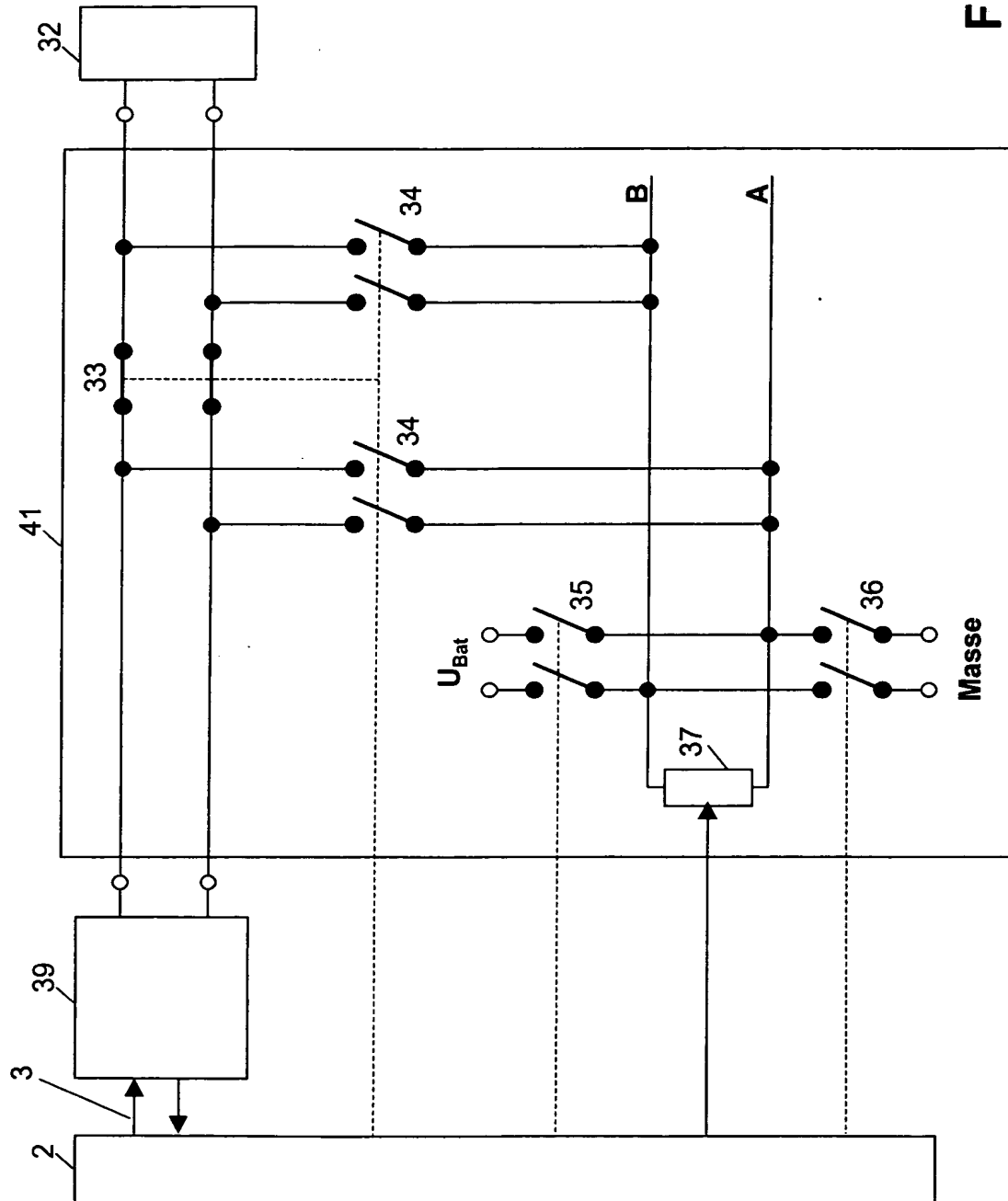


Fig.2

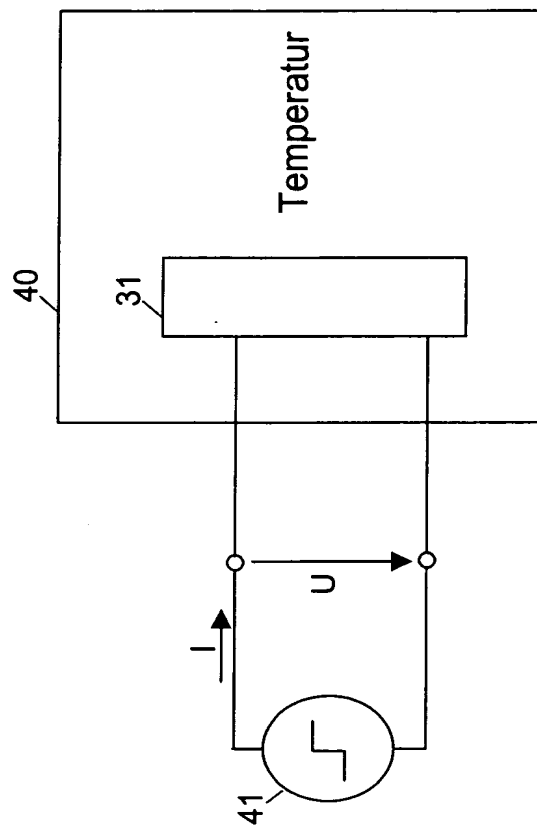


Fig.3